



Entrevista con la doctora Belén Muñoz, especialista en registro climático en cuevas

Por Melania Menéndez Huari, Alicia Pérez Blanco y Eduardo Aguilera Fernández / España



Melania: ¡Hola! Yo soy Melania Menéndez Huari.

Alicia: Yo soy Alicia Pérez Blanco.

Eduardo: Y yo soy Eduardo Aguilera Fernández.



Alicia Pérez: Y estamos aquí con la doctora María Belén Muñoz García, especialista en registro climático en cuevas.

Melania Menéndez: Y vamos a entrevistarla respecto a las cuevas y el agua subterránea. Entonces, nos gustaría empezar con qué es una cueva, porque parece una pregunta muy sencilla, pero no se tiene muy claro a veces. ¿Cualquier cavidad, vale?

Belén Muñoz: Pues es una pregunta tan sencilla que en realidad tiene una respuesta también bastante sencilla. Hay muchísimas definiciones de cuevas, pero la que más se utiliza, la más habitual, es que es cualquier agujero natural en el terreno en el que cabe una persona, o sea que un poro de este tamaño no lo puede investigar un espeleólogo, así que no se considera una cueva. Eso deja fuera de la definición todos los agujeros artificiales —túneles, minas, no se consideran cuevas— y deja fuera también algunas cavidades naturales que pueden ser muy importantes, por ejemplo, porque fluya mucha agua, conductos, fisuras, pero si no cabe una persona y no pueden ser explorados por un espeleólogo, pues no se consideran cuevas.

Alicia Pérez: Vale, ya sabemos lo que es una cueva, habrá varios tipos de cuevas, ¿cuáles son?

Belén Muñoz: Pues hay muchos tipos de cuevas, y con esa definición tan amplia, que es cualquier agujero natural en el terreno, pues hay muchísimas. Las más habituales son las cuevas cársticas, las que se forman por disolución en rocas solubles, que suelen ser carbonatos o yesos; pero pueden ser otro tipo. Hay cuevas que se forman por *piping*, por agua subterránea que se va moviendo dentro del acuífero, dentro de los poros de una arenisca, por ejemplo, y va moviendo los



granitos más pequeños de la arenisca, y al moverlos y llevárselos a otro sitio, pues va generando agujeritos cada vez más grandes —pues *pipe* viene de tubería— va formando unas tuberías conectadas que generan cuevas y a veces colapsos; a veces son bastante peligrosos. Hay cuevas en lava, tubos de lava. ¿Esto no lo habíais oído nunca? Sabéis que cuando fluye la lava desde un volcán, que puede estar a 800 o 1 000 °C, se enfría muy rápido en contacto con el aire, pero la parte de dentro sigue estando fluida todavía; la de fuera se queda sólida, pero la de dentro fluye. En muchas ocasiones se llega a vaciar el túnel, o sea, la lava sigue fluyendo hasta que se queda vacío. Y bueno, tenemos uno de los túneles de lava más grandes del mundo, que son los Jameos del Agua, que están en Canarias. No sé si habéis oído hablar de ellos.

Melania Menéndez: Pues no, la verdad es que, yo por lo menos nunca había oído hablar de ellos.

Belén Muñoz: Bueno, pues túneles de lava son otro tipo. Hay cuevas en glaciares de hielo, por ejemplo, sobre todo en la zona baja del glaciar, que hay más fricción con la roca; se funde más, y entonces se van formando cuevas que hemos visto en películas como *Ice Age*. Y luego hay unas que son bastante curiosas y son bastante habituales que son las cuevas tectónicas. Sabéis que en tectónica, por ejemplo, si se mueve una falla —sabéis lo que es una falla normal, una falla inversa—, bueno en ocasiones se mueve arrastrando sobre el otro labio de la falla, pero en ocasiones se mueve separando. Entonces hay cuevas, por ejemplo, que tienen dos caras planas, que son los dos labios de la falla separados; eso son cuevas tectónicas, un tipo. Hay muchísimos tipos.

Eduardo Aguilera: Muy interesante, ¿y cuáles pueden ser las condiciones climáticas de una cueva?



Belén Muñoz: Pues como hay tantos tipos, pueden ser muy diferentes. Yo creo que para condiciones climáticas en una cueva deberíamos separarlas en las que están aisladas totalmente del exterior y las que están conectadas con el exterior. Las que están conectadas con el exterior pues tienen una zona de conexión que es más parecida al clima de fuera y luego, cada vez, cuanto más hacia dentro, más aislado, más diferente. ¿Qué imagen tenemos de las cuevas? Sobre todo las cuevas cársticas —las que se forman por disolución a partir de aguas meteóricas— son oscuras; suelen ser muy húmedas si hay suficiente goteo; si hay suficiente lluvia en la zona donde está la cueva y si están bien aisladas, la temperatura media de la cueva suele ser la misma que la que hay en el exterior, por encima de la cueva, por lo cual hay cuevas muy frías—en zonas muy frías, en latitudes muy altas— y hay cuevas muy calientes. Yo creo que ese es un resumen así, a grandes rasgos.

Melania Menéndez: Pues sí, porque como dices hay una gran variedad de cuevas y hay que resumir. Y quería preguntarle, respecto al proceso de formación de cuevas, tenemos entendido que el agua tiene un papel muy importante. ¿Nos podría explicar un poco si esto es cierto y, si lo es, cómo afecta el agua en esta formación?

Belén Muñoz: Como ya habéis visto, hay muchos tipos de cuevas. En muchas no tiene nada que ver el agua, pero en las, digamos, más habituales y en las que uno tiene en la cabeza, con sus estalactitas y sus estalagmitas, ahí el agua es fundamental para la formación, porque se forman por disolución de la roca. Entonces, yo creo que se pueden dividir las cuevas cársticas en dos: las que se forman por agua meteórica, que llega desde la lluvia o la nieve desde el exterior; y las que se forman por aguas profundas, que estas suelen ser cuevas que están mucho más profundas y que normalmente no las puede explorar un espeleólogo hasta que la tectónica no las saca fuera. De las que se forman por agua meteórica,



que son las que más conocemos seguramente todos, están las que están por encima del nivel freático; el nivel freático supongo que sí sabéis lo que es, que es el nivel del agua subterránea. El agua subterránea está llenando todos los poros de la roca hasta un cierto nivel, pues ese nivel que tiene el agua subterránea es el nivel freático. Entonces tenemos cuevas que se forman por debajo del nivel freático, que tienen otras formas diferentes y que si las tiene que explorar un espeleólogo tiene que ser buceando; y luego hay cuevas que se forman por encima del nivel freático, que se llaman vadosas; y esas sí que son las que tienen las que tienen las estalactitas, las estalagmitas, los espeleotemas se llaman; a toda esa decoración se le llama espeleotema. Entonces, esos goteos que se ven en realidad es el agua meteórica que está colando por ahí, está atravesando la cueva y va a llegar a formar parte del nivel freático, del agua subterránea.

Alicia Pérez: Vale, y teniendo en cuenta que hay muchos tipos de cuevas, tendrán que tener alguna importancia en el ecosistema desde un punto de vista geológico.

Belén Muñoz: Bueno, a ver, desde el ecosistema en un punto de vista geológico es una pregunta un poco rara, pero lo vamos a llevar ahí. Normalmente, las que están conectadas digamos que tienen menos entradas, pero las que están aisladas son espacios un poco especiales, entonces, están muy aisladas, tienen muy poco intercambio de energía con el exterior, no tienen luz, no tienen ningún organismo fotosintético, normalmente tienen muy pocos nutrientes, y es un ecosistema bastante especial. Entonces, desde ese punto de vista, están tomando bastante interés últimamente, porque los están estudiando para encontrar organismos extremófilos, encontrar organismos que pudieran vivir en esas condiciones tan especiales que serían similares a las que podría haber en otros planetas, en Marte, por ejemplo. Lo están utilizando como análogos de los ecosistemas que se podrían



encontrar en Marte. Entonces desde ese punto de vista geobiológico, que se llama esa ciencia, pues son muy interesantes.

Eduardo Aguilera: Y, ¿los extremófilos son los únicos tipos de animales que viven en cuevas? ¿Qué otros tipos de animales hay?

Belén Muñoz: ¿Animales específicamente u organismos en un sentido amplio?

Eduardo Aguilera: Organismos.

Belén Muñoz: En general, cualquier organismo que viva en una cueva debe tener un metabolismo más lento de lo normal; estar acostumbrado a sobrevivir con muy poquitos nutrientes y con muy poquita cosa; y tiene que estar adaptado a vivir basándose en una fuente de energía que no es el sol, pues tienen que sacar la energía de algún lugar. Entonces, hay extremófilos tipo: hongos, bacterias, y todo esto que es lo que os he dicho que están investigando mucho últimamente y que realmente tampoco se ven mucho. La mayor parte de las cuevas ahora hacen exudados de las paredes y están saliendo (hacen un estudio genético) que hay ciento veinte taxones diferentes de organismos, pero muchos ni saben lo que son todavía, son desconocidos. Y luego hay otro tipo de organismos que tienen su gracia también, que son los que son más habituales en el exterior, pero se adaptan a vivir dentro de una cueva, y estos normalmente son endémicos de cada cueva. Entonces hay, por ejemplo, peces que viven en un río; y una parte de esos peces se han adaptado, han entrado en la cueva que tiene un río subterráneo, y se han adaptado a vivir dentro de la cueva. Hay ranas, bueno, anfibios de todo tipo, muchos insectos, arañas, son muy comunes; y estos pues tienen adaptaciones a la oscuridad: normalmente son ciegos, suelen perder el pigmento, y se tienen que adaptar a vivir de otra manera. Por ejemplo, yo he leído hace poco un artículo que



habla de una cadena trófica que está basada en el guano de murciélago, porque es la única fuente energética que hay dentro de la cueva; entonces hay una cadena trófica completa con depredadores que normalmente son arañas grandes, en este caso, que se comen hasta los peces, una cosa brutal; y el origen de toda esa cadena trófica es el guano de murciélago, que es la única entrada energética que hay.

Melania Menéndez: Pues me ha sorprendido lo de las arañas comiendo peces; pero bueno, quería preguntarle que, sabiendo que hay una cantidad inmensa de cuevas y de organismos que habitan en ella, ¿qué tipo de investigaciones se están llevando a cabo?

Belén Muñoz: Concretamente, ¿sobre los organismos y la vida dices? ¿O en general sobre todo?

Melania Menéndez: En general; porque puede ser desde un punto de vista geológico, supongo, además de biológico.

Belén Muñoz: Sí, sí. Es que en cuevas se pueden hacer muchísimas cosas. Entonces yo creo que, a ver, podríamos hablar de las investigaciones que tienen que ver concretamente con la formación de las cuevas; pues, esto que os he explicado antes: si se han formado por agua meteórica o vadosa, o por disolución, o por tal... Bueno, ese sería un tipo de investigaciones. Otro sería las formas que tienen las cuevas en sí mismas; si tienen cavidades más grandes, más pequeñas, cuándo se han formado, cuánto tiempo tardan en formarse, porque no está muy claro, eso se está revisando ahora. Dentro de las cuevas hay yacimientos arqueológicos y paleontológicos de animales que vivieron dentro, y de señores antiguos que vivieron dentro y se comieron a los animales también. Hay estudios



sobre cómo reflejan las cuevas el medioambiente exterior, por ejemplo, pues si hay más goteo cuando más llueve o de dónde viene el agua o cosas así. Esto es bastante científico todo.

Investigación aplicada hay mucha sobre los acuíferos relacionados con cuevas, porque... No sé qué porcentaje de la población, pero muchísima (en Estados Unidos muchísimo) sacan el agua de las ciudades de acuíferos cársticos, es una de las principales fuentes de agua potable, y entonces hay mucho estudio de hidrogeología en cuevas. También hay mucho estudio de riesgos, porque en los paisajes cársticos, por la disolución y el movimiento, van cambiando los pasillos, las salas se colapsan... Es un paisaje que cambia bastante rápido, entonces... Esto, por ejemplo, hay más en China, hay bastantes problemas en Siberia, de riesgos de que a la gente se le hundan las carreteras o las casas en cuevas colapsadas.

¿Qué más investigaciones hay? Todo esto que os he dicho de organismos extremófilos, y luego hay estudios muy curiosos, por ejemplo, en las Bahamas hay cuevas vadosas que se sabe que estaban por encima del nivel freático en continente, digamos, que ahora están sumergidas; y entonces, pues eso les permite saber cómo ha variado el nivel del mar en los últimos años. Entonces la gente bucea, coge un espeleotema de la cueva sumergida, lo data, y va diciendo cómo ha cambiado el nivel del mar.

Luego hay otro ejemplo, muy gracioso que es en cuevas tectónicas de Murcia, aquí en España, han descubierto, bueno, tú tienes la cueva ésta que os he contado que se separa y forma una cueva con dos planos, ¿no? Pues a esto se le va recreciendo un poquito de calcita; si el agua tiene la composición adecuada, le va recreciendo un poquito de calcita en los bordes; entonces han visto con sensores de temperatura y eso, que antes de que haya un terremoto se calienta mucho la temperatura del agua. Entonces, bueno, se están planteando poner sensores en distintas cuevas tectónicas de las Béticas para poder predecir cuándo va a haber terremotos; lo que



pasa es que eso es muy difícil, tendrías que tener miles de sensores por todas partes; pero es un estudio muy interesante. Y luego están viendo la calcita que ha crecido a lo largo de los últimos miles de años para ver que hay maneras de saber a qué temperatura ha precipitado esa calcita, cada cuánto tiempo subía la temperatura, para saber cuántos terremotos hubo. Hay estudios de lo más variados en cuevas, se pueden hacer muchísimas cosas.

Alicia Pérez: Y teniendo en cuenta que hay muchísimas investigaciones, habrá que tener cierto cuidado y proteger las cuevas para no dañar la biodiversidad, ¿qué cuidados se tienen?

Belén Muñoz: Bueno, todas las cuevas cuanto más aisladas están más delicado es el equilibrio, ¿no?, porque claro, tienes esos organismos adaptados a esas condiciones que son muy concretas, en cuanto las cambias, puedes dañar los organismos, puedes dañar también los espeleotemas. El hecho de que tú entres en una cueva, si la cueva es fría como suele ser aquí en España, por ejemplo, en el norte, ya estás calentando el aire de la sala, tu respiración ya está metiendo CO₂ en la atmósfera de la cueva; todo eso cambia los parámetros; de hecho, yo investigo haciendo este tipo de cosas, pues todas las medidas las tienes que tomar según llegas, porque si llevas ahí tres minutos, ya estás contaminando el aire de la cueva. Luego todo lo que lleves encima, digamos el polen, el polvito, todos los ácaros, todo lo que lleves en tu ropa, puede afectar a los organismos que estén viviendo allí en la cueva. Esto no está muy estudiado, salvo (en España, lo que yo conozco) en casos de organismos endémicos que se conocen muy bien; que aquí hay una araña muy específica que solo vive en esta cueva; y esa zona se cierra, se protege muy bien. Si no, normalmente, pues tienes un poco de cuidado básico para no pisar donde no debes o no respirar donde no debes, no poner luces calientes, por ejemplo. Muchas cuevas turísticas antes tenían luces que daban calor, y eso generaba musgos



alrededor de las luces también y aparecían organismos que hacían la fotosíntesis al lado de los focos, todos esos los están cambiando ahora. Luego hay un caso muy... Este es un caso un poco desagradable, pero es muy curioso. Os lo voy a contar y si no os gusta lo cortáis. Hay una cueva, que no os voy a decir cuál es porque es conocida, pero es un poco desagradable la historia, a la que iban bastantes turistas y la cueva, pues aguanta bien la visita de los turistas, mantiene su equilibrio, todo crece, todo sigue. Y un día uno de los turistas se puso malito dentro de la cueva y vomitó, y entonces, a los dos días estaba toda la cueva llena de una especie de hongos, no sé, desconocidos, que era algo que él tenía en el estómago que se adaptó rápidamente; o sea, que pudo colonizar las paredes de la cueva en dos días; y tuvieron que cerrar la cueva al turismo, por supuesto, hasta que aquello desapareció y se regularizó. Pero que nosotros llevamos mucha vida, encima, dentro, y todo, que puede afectar a ese ecosistema y a cualquiera, claro.

Eduardo Aguilera: ¿Y qué repercusión está teniendo el cambio climático y la actividad humana en cuevas? No solo abiertas al público sino también cerradas.

Belén Muñoz: La actividad humana puede tener que ver, por ejemplo, en cuevas cársticas. Si tú pones sondeos, pozos, y estás sacando agua para regar, bajas el nivel freático de manera artificial, eso puede afectar por ejemplo en cuevas del Levante mediterráneo, pues las dejas sin agua, las secas; si tenían ríos subterráneos, desaparecen... Eso es un problema muy claro. Luego, como cambio climático, las cuevas que están muy aisladas, como os he dicho antes, tienen una temperatura que tiende a ser la de la media que hay por encima de la cueva, entonces si nuestra media está subiendo dos décimas de grado, pues la temperatura de la cueva va subiendo despacito, despacito. No es una cosa en principio que se vaya a notar muchísimo. En los estudios que yo hago, por ejemplo, que trato de ver la temperatura del pasado a partir de los espeleotemas, pues sí que



se van a ver esas variaciones; esos es lo que yo estudio precisamente: cómo varía la temperatura a lo largo del pasado. Si cambiamos el clima a nivel global (que parece que en esas estamos), y va a cambiar el origen de las borrascas y de las precipitaciones, y el movimiento de las masas de agua, todo el equilibrio energético del planeta va a cambiar; pues entonces, lógicamente, sitios donde ahora llueve, pues va a llover menos, y cuevas que tienen goteo van a dejar de tener goteo; o sitios donde ahora llueve habitualmente pues va a llover solamente de manera torrencial, estacionalmente; pues todo eso cambiará el funcionamiento de las cuevas y eso al final queda reflejado en el crecimiento de los espeleotemas y el ecosistema que tenga dentro, claro, también.

Melania Menéndez: Pues bueno, después de haber respondido estupendamente a todas nuestras preguntas...

Belén Muñoz: Gracias, gracias.

Melania Menéndez: Es verdad. Queríamos cederle la palabra por si quiere añadir algo que le parezca importante.

Belén Muñoz: Yo creo que no, creo que habéis hecho unas preguntas bastante completas. Nada, que os agradezco que me hayáis invitado a esto. Si necesitáis saber algo más de cuevas y clima en algún momento, pues ya sabéis dónde estoy.

Melania Menéndez: Pues muchísimas gracias por todo, Belén, y lo mismo digo.